

機関番号：12601

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2010

課題番号：18067007

研究課題名（和文）海洋表層における生元素の形態別微細変動と微生物プロセスとの相互作用

研究課題名（英文）DETAILED VARIATIONS IN BIOACTIVE ELEMENTS IN THE SURFACE OCEAN AND THEIR INTERACTION WITH MICROBIOLOGICAL PROCESSES

研究代表者 小川 浩史 (OGAWA HIROSHI)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：50260518

研究成果の概要（和文）：

海水中の炭素・窒素・リンなどの生元素の分布や動態を明らかにするための分析化学、微生物学的な新たな技術を開発し、それを現場観測に応用することにより、海洋表層における生元素の循環に関する詳細な知見を得た。特に、栄養塩類や有機物の分析に対する従来法の高感度化、高精度化の実現により、これまで存在が知られていなかった生元素循環像を明らかにすることに成功した。

研究成果の概要（英文）：

Some new methods for measuring carbon, nitrogen and phosphorus in seawater were developed and applied to in situ observations in the ocean. Consequently, the detailed knowledge on biogeochemical cycles in surface ocean was obtained. In particular, by greatly modifying the conventional methods for nutrients and organic matter, novel images of biogeochemical cycles in surface ocean were successfully brought.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	29,600,000	0	29,600,000
2007年度	11,900,000	0	11,900,000
2008年度	11,900,000	0	11,900,000
2009年度	11,900,000	0	11,900,000
2010年度	11,900,000	0	11,900,000
総計	77,200,000	0	77,200,000

研究分野：生物地球化学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海洋生物地球化学・生元素動態・栄養塩類・海洋有機物・海洋微生物・海洋物質循環

1. 研究開始当初の背景

大気と海洋表層間における物質循環リンケージを理解する上で、海洋表層内の生物活動を通じた元素の循環、すなわち生元素循環が基礎となる。生元素循環は、栄養塩類・二酸化炭素⇌有機物の相互変換過程を基軸として駆動しているが、そのメカニズムにはまだ不明な点が多く残されている。例えば、亜熱帯を中心とする貧栄養塩海域においても

基礎生産は持続的に維持されているが、果たして栄養塩類がどのように供給されているのかについては、統一した理解はされていない。また、有機物側に存在する生元素については、その正確な存在形態すら良くわかっておらず、その分解過程についても基本的にブラックボックスとなっている。これらを解き明かすには、従来用いられてきた観測、分析技術では不十分であり、新たな技術の導入が

必要とされる。そこで、本計画班では、栄養塩類、有機物および細菌群集の存在形態の詳細と微細な変動を検出するための最先端技術を開発、それらを駆使し、海洋表層における生元素循環メカニズムの詳細を解明することを目的に研究を進めた。

具体的には、次の4つのテーマに分け、担当毎に研究を進めた。(1)高感度測定法を用いた貧栄養海域表層内の栄養塩動態の詳細解析(神田・橋濱) (2)粒子状リンの高精度簡便測定法の開発と加水分解酵素に着目した溶存有機態リンの動態解明(鈴木) (3)揮発性溶存有機炭素の測定方法の開発・検討と溶存有機物の分解特性の解明(小川) (4)海洋細菌によるサブミクロン粒子有機物の分解メカニズムの解明(木暮)。以下、各小課題番号毎に成果内容を示す。

2. 研究の目的

(1) 海洋表層の生元素動態については古くから研究が行われ、様々な生物地球科学的プロセスが明らかになっている。しかしながら、全海洋面積の約6割を占める亜熱帯海域の表層は貧栄養で特徴付けられ、栄養塩濃度を始め、生物・化学的シグナルが極めて希薄であり、通常用いられる分析法ではそれらを検出できない場合が多い。このため貧栄養海域を介した物質循環に関する知見は乏しく、定量的な議論に踏み込むためには最新の分析技術を導入した観測・調査が必須である。そこで、窒素・リン・ケイ素の形態別定量と高感度測定により、特に貧栄養海域における表層内のマクロな栄養塩類の動態を明らかにすることを目的とした。

(2) 海洋のリン研究に関して二つの大きなブレークスルーを目指した。一つは、その重要性にもかかわらず従来ほとんど測定されることが無かった粒子状リンの簡便かつ精度の高い測定法を確立することである。従来用いられていた高温加熱焙焼法の問題点(その問題点が故に実際の観測に用いられることが無かった)を抽出し、安全かつ迅速、そして濃度の低い外洋域においても十分な感度と精度を有する手法を提案する。また二つ目は、海洋表層のリン循環を支えるDOMの再生においてリンに関わるプロセスを定量的に評価することである。特に、海洋において溶存有機態リン(DOP)の無機化を駆動していると考えられるリン加水分解酵素を中心に評価を行う。

(3) 海洋の炭素の大きなリザーバーの一つでありながらその化学的実体が未だ不明な、低分子DOMに対するキャラクタリゼーションの新たなアプローチとして、揮発性画分の炭素の分離定量法の開発を行い、海洋における

それらの分布を明らかにすることを試みた。一方、亜熱帯海域の表層では、栄養塩の状態が存在している窒素とリンは極めて微量であり、DON、DOPが全溶存窒素(TDN)、全溶存リン(TDP)に占める割合は95%以上になることがわかっている。従って、亜熱帯表層水中のDONやDOPの分解特性(=栄養塩の再生)は、亜熱帯海域の基礎生産メカニズムを理解する上でも重要と言える。そこで、亜熱帯表層に着目して、溶存有機物の分解特性を明らかにすることを目的に研究を行った。

(4) 海洋におけるサブミクロン粒子(SMP)の分解過程について以下の仮説を証明することを目的とした。すなわち、SMPの分解に先立って細菌はそれらのSMPを菌体周辺に捕獲し、それらの存在と化学組成を認識して菌体外酵素を産生、分泌し、それが周辺に拡散することなく効率よくSMPの分解に寄与する。さらに、その実証を通し、海洋生態系におけるその意義を明らかにする。このため、まず実験的な研究を通じて新たなメカニズム検証のための検討を行い、次いで、メソコズム実験等を通じて天然でのその概念の妥当性の検証を試みた。

3. 研究の方法

(1) 硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸の高感度同時計測を実現するために、長光路キャピラリーセル(LWCC, WPI)を組み込んだ連続フロー自動分析装置を開発した。また、連続フロー分析に基づく全窒素・全リン自動分析装置(Quattro Marine TN-TP, SEAL Analytical)の導入を行い、貧栄養海域表層における全窒素・全リン濃度を高感度・高精度で分析するための検討を行った。これらの分析装置を組み込んだ観測システムを用い、淡青丸、白鳳丸、海鷹丸による研究航海に参加して西部太平洋およびインド洋の貧栄養海域において調査を実施した。調査内容は主に、各溶存成分の水平分布を明らかにするための航走時連続モニタリングと栄養塩濃度変動のメカニズムを明らかにするための船上培養実験である。

(2) 粒子状リンの測定については、従来法(HTDC法)の問題点であった、危険なプロセス、長時間の有すること、バックグラウンドが大きく不安定といった問題点を解決するため、オートクレーブによる簡便な湿式過硫酸分解法(CWO法)を対象として。各種リン化合物、様々な自然試料(外洋海水、沿岸水、河口域試料、堆積物等)および標準物質(岩石地球化学標準試料、粘土鉱物)を用いて新法と従来法の両者についての比較検証、海水中の粒子成分の補修に広く利用される各種フ

フィルターのプランク計測などを実施した。

DOPの無機化プロセスに関しては、リン加水分解酵素のpH依存性を室内実験により評価し、実海域における船上実験によって酵素活性の海域分布とDOP加水分解プロセスの定量的評価を実施した。

(3) 海水中の全揮発性有機炭素の測定方法を開発するために、パージ&トラップ(P&T)法と、蒸留法の二つを検討した。また、溶存有機物の分解特性を調べるために、白鳳丸KH-05-2次航海による西経160度線の南北トランセクト観測において緯度約1度間隔で採取した(研究用海水)。試料は直ちに加熱処理済みWhataman GF/Fフィルターでろ過をし、複数の加熱済みのガラスアンプルに分注、熔封した。初期濃度測定用の試料については直ちに凍結保存し、保存分解実験用の試料については、暗所・室温にて保存し、適当な時間間隔で保存したものを取り出し、凍結保存した。

DOCとTDN濃度は高温燃焼法による高精度測定方法(Ogawa et al., 1999)を用いた。栄養塩濃度は、オートアナライザー(AACS III, BRAN+RUEBBE)を用いて測定した。

(4) 主に微生物学的なアプローチと光学的なアプローチの二つを併用した。前者は、異なるサイズ、材質の磁気ビーズを細菌群集に与え、一定時間培養後、磁石によって集められる群集を、ビーズを捕獲した細菌と見なした。後者としては、原子間力顕微鏡(AFM: Atomic Force Microscopy)を用いて直接菌体を観察し、SMPを菌体周辺に保持している細菌を観察あるいは計数した。さらに、分子生物学的手法を用いて集められた微生物の群集構造を解析した。一方、岩手県大槌町の国際沿岸海洋研究センターにてメソコズムを作り、栄養塩を添加して藻類のブルームを起させた後に遮光し、分解過程における微生物群集に対して上記の方法を適用して観察を行った。

4. 研究成果

(1)

①分析手法の開発・検討

テクニコン社製のAuto Analyzer IIの検出部に、50-100 cmの光路長のLWCCを組み込み、図1のような連続フロー分析装置を硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸について開発した。硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸の検出限界は、それぞれ3, 2, 3, 11 nMであった。

②貧栄養海域表層内の栄養塩分布

硝酸塩+亜硝酸塩およびリン酸塩の分布については、本研究課題以前のデータも統合すると、西部太平洋、インド洋の亜熱帯域の

広範をカバーする分布様態が明らかとなった。硝酸塩+亜硝酸塩については大部分の海域において10 nM以下であったが、リン酸塩については<3~300 nMの範囲でメソ(数百km)からマクロ(数千km)のスケールにおいて変動していた(図2)。特に西部北太平洋では>2000 kmの領域において<3 nM付近の濃度まで枯渇していることが明らかとなった。このリン酸塩大規模枯渇域においては、周辺海域に比べて高い窒素固定活性が認められており、活発な生物活動によりリン酸塩が使い尽くされていることが示唆された。また、西部北太平洋へはアジア大陸からのダスト(鉄)供給が顕著であり、これが窒素固定能を高めていることが推測された。事実、リン酸塩枯渇域の外側のリン酸塩余剰域において、表層水を採取して鉄添加培養実験を行ったところ、ピコナノサイズのプランクトン細胞密度の顕著な増加があり、それに伴ってリン酸塩濃度が有意に低下することがわかった。リン酸塩枯渇海域では、リンが生物生産の制限因子になり得ることが予想されるが、全リン自動分析から得られた同海域の溶存有機態リン(DOP)濃度は、 $0.29 \pm 0.03 \cdot M$ (n = 15) とリン酸塩に比べて高く、DOPがリン供給源として重要である可能性が示唆された。

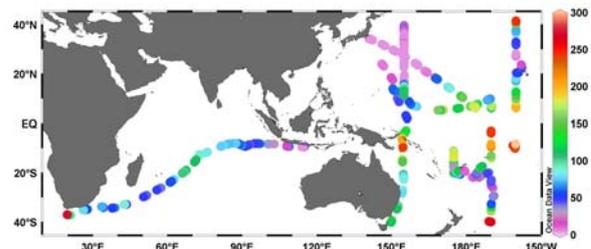


図2. 西部太平洋およびインド洋表層におけるリン酸塩濃度 (nM)

(2)

①粒子状リンの測定法の確立

様々な試料も用いた検討により海洋試料の粒子状リン分析におけるCWO法の最適分解条件を見出した。従来、丸2日間ほど要していた測定時間を数時間にまで短縮し、安全かつ迅速に実施できる手法を確立した。また標準物質や外洋の試料について二つの方法に有意な差は認められず、さらに精度・感度ともに良好な結果を示したことから、優れた方法であることが実証された。

②リン加水分解酵素によるDOPの循環プロセス

沿岸から外洋(黒潮沖)にかけて、親生物元素の循環を駆動する各種加水分解酵素(リン加水分解酵素に加え、タンパク質、糖類、脂質分解に関わる酵素についても検討)の分布を調査した。生物活性を反映して、沿岸から外洋域に向かって、また表層から深層へと

酵素活性が低下するという観測結果が得られた。酵素活性の鉛直分布については、従来は生物活性の点のみで議論されていたが、ここでは表層から深層にかけて変化の大きい pH についても着目し検討を行った。その結果、リンおよび糖類の分解酵素は広い pH 範囲において比較的安定な活性を示すのに対し、タンパク質および脂質分解酵素の活性が pH の低下により著しく抑制されるという結果を得た。これは海洋における有機物文化酵素の活性分布について新たな要因解析の端緒となるとともに、近年懸念の高まっている海洋酸性化問題にも関連し、酸性化によって親生物元素 (DOM) の循環過程に大きな変化が生じる可能性を示唆する結果である。

(3)

①揮発性溶存有機炭素の測定方法の開発・検討

海水中の全揮発性有機炭素の測定方法として、初めに P&T 法の検討を行った。その結果、ブランクや回収率に問題があることがわかった。そこで、次にこれに替わる方法として蒸留法の検討を行った。この方法は、海水試料を最終的に乾固するまで緩やかに沸騰させ、冷却水によって凝結させた蒸留画分中の有機炭素濃度を高温燃焼酸化法によって測定するものである。まず、P&T 法と同様にブランク試験を行ったところ、検出限界以下の良好な結果が得られた。次に、既知の揮発性化合物を用いて回収率の検討を行ったところ、アルコールや有機酸に対し、80-110% の高い回収率が得られた。ただし、沸点が低い脂肪族アミンの 1 種である、ジメチルアミン (6.9°C) については、回収率は 25% 程度で低く、冷却水による捕集が十分ではないか、あるいは、炭素濃度の測定時に損失している可能性が示唆された。最終的に、いくつかの問題点は残されたが、蒸留法は、低ブランクで、且つ広範な揮発性物質を回収することができるため、海水中の VOC や VON の総量を測定するのに適した方法であると結論付けられた。

②溶存有機物の分解特性の解明

西経 160 度線上の表層水中の DOC 濃度は、亜熱帯海域において高く (70-80 μM)、亜寒帯域で低くなる (60-70 μM) という、一般的に知られる南北分布を示した。一方、1 ヶ月間の保存実験によって分解、減少した DOC 濃度は、亜寒帯域では、5-15 μM (初期濃度に対して 10-25%) に達するのに対し、亜熱帯域ではほぼ 5 μM 以下 (初期濃度の 5% 以下) であった。このことは、亜熱帯海域の表層に蓄積している高濃度の DOC は相対的に分解し難い性質をもっていることを示している。

一方、保存実験における DON の減少分にはほぼ匹敵すると考えられる硝酸塩濃度の増加

量は、亜熱帯に比べると、亜寒帯域では相対的に少ないものの、1 ヶ月で約 20-100 nM (初期 DON 濃度の数%程度) の硝酸塩の再生が生じた。同様にリン酸塩については、亜熱帯域で 0-50nM (初期濃度 DOP 濃度の最大 15%程度) の再生が確認された。これらの量は、微量とはいえ、亜熱帯表層の基礎生産を支える上で、溶存有機物由来の窒素とリンが潜在的に重要な役割を果たしている可能性を示唆している。また、DOC の分解量は栄養塩の再生に比べて測定精度が ($\pm 500-1000$ nM) 荒いため、正確なことは言えないが、亜熱帯表層では、DOM 中に炭素がより選択的に固定されるのに対し、N や P は相対的により活発に回転し、貧栄養下における基礎生産を支えているというメカニズムの存在が示唆される。

(4)

①SMP 捕獲能を持つ細菌の検出

東京湾、相模湾などから採取された天然海水中に、異なるサイズと材質からなる磁気ビーズを添加して 1 時間攪拌しながら培養した後、磁石で集められる群集についてその数、群集構造を解析した。またサイズおよび材質が与える影響について調べた。検討の結果、以下が明らかになった。

- ・実験的に設定した条件下で、天然海水中の約 10% 程度に相当する細菌が集められた。その群集構造は天然細菌群集のそれとは異なっていた。

- ・磁気ビーズのサイズおよび材質によっても捕集される群集は異なっていた。ただし、サ・集められた群集のアミノペプチダーゼ活性を測定したところ、1 菌体あたりの活性は同じ試水中のその他の細菌のその 4-7 倍程度に相当した。

以上から、磁気ビーズを用いる方法がそれを捕獲する細菌を選択的に集めることができること、天然細菌群集の 10% 程度に相当する細菌がこの条件下で粒子捕獲能を持ち、それが分解能とリンクしていることが確認された。

②原子間力顕微鏡 (AFM) による SMP 捕獲能の確認

上記のような磁気ビーズで捕集される細菌が実際に SMP を捕獲する能力を持つならば、高倍率の顕微鏡を用いれば実際に粒子を菌体上に保持している細菌が観察されるはずである。従来、こうした研究には電子顕微鏡が用いられてきたが、試料の前処理が煩雑かつそれによって天然の状態を反映しない可能性がある。このため、前処理が殆ど要らず、菌体周辺を十分観察しうる倍率を持つ AFM を用いて観察と計数を行った。淡青丸による航海等によるサンプルを用いた結果、以下が明らかになった。

- ・SMP を保持する細菌の全菌に対する割合は

水平的あるいは鉛直的に変化した。

・一般に表層水中ではその割合は低かった。ただし富栄養化の進んだ東京湾の奥域では高い値を示した。

・鉛直的には、水深 500m から 2,500m にかけて相対的に割合が高くなる傾向を示した。

以上から、SMP を保持する細菌の相対的割合は、現場の有機物の量と存在状態を反映して変動することが明らかになった。一般に表層域では懸濁態有機物、溶存有機物濃度、菌体濃度、菌体外酵素濃度のいずれも高いため、細菌群集は恒常的に分解された分子量の比較的小さな有機物をそのまま取り込む、あるいは懸濁物に付着することによって栄養を得ることができると考えられる。深層では有機物濃度が低下し細菌はより積極的に SMP を捕獲していく戦略を取るものと予想される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 44 件)

1 Tanaka, Y., Miyajima, T., Watanabe, A., Nadaoka, K., Yamamoto, T. and Ogawa, H., “Distribution of dissolved organic carbon and nitrogen in a coral reef” *Coral Reefs*, 30, 533-541, (2011) 査読有

2 Tanaka Y, Ogawa, H. and Miyajima, T., “Production and bacterial decomposition of dissolved organic matter in a fringing coral reef” *J. Oceanogr.*, 67, 427-473, (2011) 査読有

3 Uchimiya, M., Fukuda, H., Nishino, S., Kikuchi, T., Ogawa, H. and Nagata, T., “Does freshening of surface water enhance heterotrophic prokaryote production in the western Arctic? Empirical evidence from the Canada Basin during September 2009” *J. Oceanogr.*, 67, 589-599, (2011) 査読有

4. Chiura, H.X., Kogure, K., Hagemann, S., Ellinger, A. and Velimirov, B., “Evidence for particle-induced horizontal gene transfer and serial transduction between bacteria” *FEMS Microbiol. Ecol.* 76, 576-591, (2011) 査読有

5. Hashihama, F., Sato, M., Takeda, S., Kanda J. and Furuya, K., “Mesoscale decrease of surface phosphate and associated phytoplankton dynamics in the vicinity of the subtropical South Pacific islands” *Deep Sea Res. I* 57, 338-350, (2010) 査読有

6. Hashihama, F. and Kanda, J., “Automated colorimetric determination of trace silicic acid in seawater by

gas-segmented continuous flow analysis with a liquid waveguide capillary cell” *La mer* 47, 119-127, (2010) 査読有

7. Hashihama, F., Umeda, H., Hamada, C., Kudoh, S., Hirawake, T., Satoh, K., Fukuchi, M. and Kashino, Y., “Light acclimation states of phytoplankton in the Southern Ocean, determined using photosynthetic pigment distribution” *Mar. Biol.* 157, 2263-2278, (2010) 査読有

8. Hutahaean, A. A., Ishizaka, J., Morimoto, A., Kanda, J., Horimoto, N. and Saino, T., “Development of Algorithms for estimating the seasonal nitrate profiles in the upper water column of the Sagami Bay, Japan” *La mer* 48, 71-86, (2010) 査読有

9. Yamada, N. and Suzumura, M., “Effects of Seawater Acidification on Hydrolytic Enzyme Activities” *J. Oceanogr.* 66, 233-241, (2010) 査読有

10. Yoshizawa, S., Wada, M., Kita-Tsukamoto, K., Yokota, A. and Kogure, K., “Photobacterium aquimaris sp. nov., luminous marine bacteria isolated from seawater” *J. Syst. Evol. Microb.* 59, 1438-1442, (2010) 査読有

11. Yoshizawa, S., Wada, M., Kita-Tsukamoto, K., Yokota, A. and Kogure, K., “Vibrio azureus sp. nov, a luminous marine bacterium isolated from seawater” *Int. J. Syst. Evol. Microb.* 59, 1645-1649, (2009) 査読有

12. Yoshida, N., Nishimura, M., Inoue, K., Yoshizawa, S., Kamiya E., Taniguchi, A., Hamasaki K. and Kogure, K., “A new approach to the analysis of nanoplankton community structure using flow sorting and molecular analysis” *Microb. Environ.* 24, 297-304, (2009) 査読有

13. Yoshimura, T., Ogawa, H., Imai, K., Aramaki, T., Nojiri, Y., Nishioka, J., and Tsuda, A., “Dynamics and elemental stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in particulate and dissolved organic pools during a phytoplankton bloom induced by in situ iron enrichment in the western subarctic Pacific (SEEDS-II)” *Deep Sea Res. II* 56, 2863-2874, (2009) 査読有

14. Kanda, J., “Vertical profiles of nitrate uptake obtained from in situ 15N incubation experiments in the western North Pacific” *J. Mar. Sys.* 71, 63-78, (2008) 査読有

15. Suzumura, M., “Persulfate chemical wet oxidation method for the determination of particulate phosphorus in comparison

with a high-temperature dry combustion method”, *Limnol. Oceanogr.: Methods* 6, 619-629, (2008) 査読有

16. Hashihama, F., Horimoto, N., Kanda, J., Furuya, K., Ishimaru, T. and Saino, T., “Temporal variation in phytoplankton composition related to water mass properties in the central part of Sagami Bay” *J. Oceanogr.* 64, 23-37, (2008) 査読有

17. Hashihama, F., Hirawake, T., Kudoh, S., Kanda, J., Furuya, K., Yamaguchi, Y. and Ishimaru, T., “Size fraction and class composition of phytoplankton in the Antarctic marginal ice zone along the 140° E meridian during February-March 2003” *Polar Sci.* 2, 109-120, (2008) 査読有

18. Tanaka, Y., Miyajima, T., Koike, I., Hayashibara, T. and Ogawa, H., “Imbalanced coral growth between organic tissue and carbonate skeleton caused by nutrients enrichment” *Limnol. Oceanogr.* 52, 1139-1146, (2007) 査読有

[学会発表] (計 55 件)

1. Suzumura, M., Cycling of Dissolved Organic Phosphorus and Alkaline Phosphatase Activity in Euphotic Zone of the Western North Pacific, 2010 AGU Fall Meeting, サンフランシスコ, 2010 年 12 月 15 日

2. Ogawa, H., Fukuda, H. and Koike I., C:N RATIO AND BIODEGRADABILITY OF DISSOLVED ORGANIC MATTER IN SURFACE WATERS ALONG THE LONGITUDINAL SECTIONS ACROSS THE NORTH PACIFIC, 2010 AGU Fall Meeting, サンフランシスコ, 2010 年 12 月 15 日

3. Hamashima, F., Kanda, J., Ogawa, H., Nishikawa, J., Sato, M., Takeda, S., Furuya, K., Phosphate distribution in surface waters of Indo-Pacific region, SOLAS open science conference, バルセロナ, 2009 年 11 月 18 日

4. Kogure, K., Research trend on marine microbiology in the world, International Marine/Fisheries Symposium focused on marine bio- and microbiology Handong Global University, 韓国, 2009 年 4 月 17 日

5. Ogawa, H., T. Yoshimura, M. Suzumura, K. Imai, N. Tsurushima, A. Tsuda, Y. Nojiri, I. Koike: Temporal variation property of dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in surface of the western subarctic Pacific, 2008 Ocean Sciences Meeting, オランダ, 2008 年 7 月 7 日

6. Suzumura, M., N. Yamada, T. Kitayama: Effects of CO₂-Related Seawater Acidification on Marine Biogeochemical Cycling: II. Activities of Hydrolytic Enzymes, 2008 Western Pacific Geophysics Meeting, ケアンズ, 2008 年 7 月 29 日

[図書] (計 4 件)

1 小川浩史 (分担執筆)、海洋調査分析—有機炭素、窒素、環境分析ガイドブック、日本分析化学会編、559-563、丸善、2010

2 木暮一啓 (責任編集者)、海洋学 原著 (東京大学海洋研究所監訳) 東海大学出版会 599 頁、2010

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 浩史 (OGAWA HIROSHI)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号: 50260518

(2) 研究分担者

木暮 一啓 (KOGURE KAZUHIRO)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号: 10161895

神田 穰太 (KANDA JOTA)

東京海洋大学・海洋科学部・教授

研究者番号: 60202032

鈴木 昌弘 (SUZUMURA MASAHIRO)

(独) 産業技術総合研究所・環境管理技術
研究部門・グループリーダー

研究者番号: 90357301

橋濱 史典 (HASHIHAMA FUMINORI)

東京海洋大学・海洋科学部・助教

研究者番号: 80535807